中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：100～127（1999）

施用石灰與硼砂對山葵品質與產量之影響[1]

王鐘和[2] 胡敏夫[3] 羅朝村[4] 林毓雯[2] 黃維廷[2] 丘麗蓉[2]

摘要：針對本省山葵產地阿里山達邦地區山葵產量及品質均低之缺憾，本試驗探討施用石灰及硼砂對山葵品質及產量之影響。結果如下：施用石灰 2 或 4ton/ha 均明顯提昇試區土壤之 pH 值，促進山葵生育，提高全株鮮重及根莖鮮重之產量，而兩級石灰處理間未達顯著差異，施用石灰及硼砂均減低根莖罹患黑心症之嚴重度（black rot severity,%），施硼砂明顯降低根莖罹患條斑病之嚴重度(streak disease severity,%)，施石灰則無此效果。達邦地區海拔約 1270m，夏季溫度較高，不利山葵生長，植株全鮮重明顯下降，尤其台農 1 號最爲明顯。根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度呈顯著負相關，根莖鈣含量與根莖條斑病嚴重度無明顯相關。秋植區根莖硼含量與根莖黑心症嚴重度呈顯著負相關，春植區則無；根莖硼含量與根莖條斑嚴重度呈顯著負相關，兩作試區之結果相同。田間試區山葵根莖之鈣含量及硼含量均明顯較生長箱盆栽植株低，顯示田間試區有限制植株吸收鈣及硼素之因素存在。生長箱內種植山葵之試驗結果亦顯示施石灰明顯促進植株生長，提高山葵產量，施硼砂僅對無石灰處理株有顯著增加植株產量之效果，對施石灰處理株則無明顯效果。

關鍵詞：山葵、石灰、硼砂、山葵黑心症、山葵條斑病。

前　言

山葵(*Wasabia japonica* Matsum)爲十字花科之多年生草本植物，喜陰溼環境，生育適溫爲 8-18℃，通常被栽培於高冷地之杉木下。全株均具有獨特風味，以香、辛、甘及粘等四種特性傲居所有香辛料作物之上，非爲人工替代物所能比擬。含芥子油類與糖類結合成配醣體，各種酵素及維生素等，有促進食慾、防腐及抗菌特性，並有解毒、發汗、利尿及清血等功用，常作爲吃生魚片之佐料(17)。本省山葵栽培歷史，經查考始於民國 3 年，由日人佐藤昌氏自日本引進至阿里山栽培，至今已 80 餘年(6,14)。

據廖氏(14)報告阿里山地區栽培之山葵感染黑心病相當嚴重且普遍，其感病率高達 100％，感病程度有輕有重，外銷日本必須切除罹病的部位，因此，外銷部份常只及採收量的 30％，影響農民收益甚巨。本省一般所稱的黑心病，泛指山葵根莖內髓(pith)組織部份具有黑色徵狀，其程度有輕有重，輕者呈黑灰色，重者則呈黑色，嚴重時甚至腐爛呈黑色空心狀。根莖內黑灰色或黑色徵狀發生之範圍有大有小，大者幾乎佔滿整個根莖縱切面，輕者則成小點狀。若依病理觀點來看，此一病徵屬於二種病因所造成。即分別爲感染性病害(infection disease)及非感染性病害（noninfection disease）。仔細的檢視根

---

[1] 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1978 號。

[2] 本所農化系副研究員、助理、助理及計畫助理。臺灣省　台中縣　霧峰鄉。

[3] 本所農藝系助理研究員。

[4] 本所植病系副研究員。

莖縱切面可以發現部份根莖除了髓部變褐之徵狀外，尚有初期只呈現一維管束褐化之病徵(17,19,20)，後期則擴展整個維管束甚至髓部。一般而言，此種山葵根莖維管束褐化的病徵係由山葵黑心病黴菌(*Phoma wasabiae* Yokogi) 所引起(17,20)。其徵狀是根莖受感染部位之維管束先褐化(包括葉脈亦同)，並向上或向下延伸；後期則擴展至根莖其它部位組織(17,20)。若從根莖縱剖面觀之，受害維管束呈褐色線條狀。因此在日本又稱此病害爲條斑病(streak disease)(15,20)，其病勢進展受溫度及濕度等氣候因子變化的影響(2,16,18)，台灣則僅稱之爲黑心病(2)。根莖有上述徵狀時，農民不但要多僱工切除罹病的部位，增加工資支出，根莖產量也因而降低，並且亦因根莖一部份被切除，商品等級下降，造成每公斤售價下降，確實對農民的收益造成極大的損害。

農試所於阿里山達邦地區之試驗結果(4)顯示本省山葵植體中鈣、硼含量偏低，對照區之葉部及根莖鈣含有率僅各爲 1.50 及 0.57％ ，而日本栽植山葵之鈣含有率約爲 3.8％ (葉部)及 1.3％ (根莖)(17) ；硼含有率則僅各爲 15.8 及 10.8 ppm，而一般十字花科之硼含有率爲 22.2～64.5 ppm(3)。且鈣、硼含有率與根莖黑腐比率及黑腐嚴重度有顯著負相關，有關土壤改良以提高山葵鈣、硼含量及營養障礙與黑心病症之相關研究，值得加以探討。因此，爲改善此種根莖普遍具有黑心病症之情形，探究形成之原因及解決之道。本試驗將根莖之病症區分爲黑心症(根莖內髓細胞部位具黑色徵狀者)，及條斑病(維管束褐化者)兩種，探討其發生情形與營養狀況間之關係。

材料與方法

一、田間試驗

㈠供試品種：紅莖種(70-1-1)及青莖種(台農 1 號)

㈡試驗方法：採複因子試驗，RCBD設計，二個變因，即(A)石灰用量分 0、2、4 ton/ha 三級，(B)硼砂用量分 0、20、40 kg/ha(分兩次施用,種植基肥施 20 kg/ha，隔年連同化學肥料再追施 20kg/ha(本試驗於種植後 9 個月時施用))三級，計 9 處理，四重覆，36 小區，小區面積 $6m^2$，種植行株距 40×20cm，每畦種 4 行，每行種 15 株。種植前一個月施石灰後整地翻犁深約 15cm 左右，依地形設築簡易平台階段，等高種植。複合 5 號肥料用量爲 1,800kg/ha(含 N 288kg，P_2O_5 144kg , K_2O 216 kg)；施用方法乃以二分之一量於種植時作基肥施用，餘量於隔年(依期作而異)施用。種植時間採春作及秋作，收穫時間爲種植後 21 個月(秋植)及 25 個月(春植)。

㈢調查項目：定期取樣調查植體收量，分析植體之要素含量、土壤理化性質，並記錄根莖及葉片病變情形。收穫時調查其根莖直徑及長度、分蘗數及產量，要素含量、土壤理化性質(1)及熱水可溶硼含量(5,8)並調查植體罹患黑心症及條斑病之嚴重度，方法如下：

(1)黑心症嚴重度(black rot severity,%)：係將根莖縱切面黑心程度分爲五級；分別爲 0 級：無任何黑心徵狀者，1 級：根莖縱切面黑心徵狀者面積佔全面積 0—10%者，2 級：根莖縱切面黑色徵狀佔全面積 11—25%者，3 級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積 26—50%者，4 級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積 50%以上者，再依下式計算所得：

$$\text{黑心症嚴重度}(\%)=\frac{1*n1+2*n2+3*n3+4*n4}{4*N}*100$$

N：調查根莖數

n1,n2,n3,n4：各級根莖數

(2)條斑病嚴重度(streak disease severity，%)；係將維管束褐化程度分爲五級；分別爲 0 級：無任何維管束褐化者，1 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 0—10%者，2 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 11—25%者，3 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 26—50%者，4 級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度 50%以上者。再依下式計算所得

$$條斑病嚴重度(\%)=\frac{1*n1+2*n2+3*n3+4*n4}{4*N}*100$$

N：調查根莖數

n1,n2,n3,n4 ：各級根莖數

二、生長箱盆栽試驗

於農試所生長箱室進行；供試品種：青莖種(台農 1 號)、紅莖種(70-1-1 品系)。供試土壤：採田間試區表土，風乾過篩(5mm)，每盒裝 2.5 公斤土壤。生長箱控制條件爲：日溫 22℃(有光照，期間 12 小時)，夜溫 18℃(無光照，期間 12 小時)，光照強度爲 8000lux。處理除同田間試驗外再於種植後 9 個月時增加接種病原菌液(1×10^5 conidial/ml)處理。栽培期間：84 年 4 月至 85 年 4 月。

結果與討論

選擇農友山葵園一處分別設置秋植及春植山葵試區，試區之土壤性質如表 1，試區土壤 pH 值 5.2 屬強酸性土壤，因該地 3 年前曾種植山葵，將部份表土中之石礫移走及施用有機質肥料，故表土小於 2 mm 之比率爲 56.9%，略高鄰近未墾地之 51.4%，熱水可溶性硼之測值表土爲 0.26ppm、底土則爲 0.19ppm，也略高於臨近未墾地之 0.19ppm 及 0.18ppm，屬硼含量較低之土壤(22)。有機質含量表底土分別高達 9.75 及 7.48%。秋植試驗區於 83 年 10 月種植，85 年 7 月收穫，春植試區則於 84 年 5 月種植，86 年 6 月收穫。試驗結果如下：

表 1. 試驗地之土壤性質

Table 1. Soil properties of the experimental field

Soil Depth	pH 1:1	O.M. %	Bray No.1 P ppm	Mehlichs No.1 K ppm	Exch. Ca cmol/kg	Hot water soluble B ppm	Texture	Soil <2mm%
0-15cm	5.2	9.75	23	74	2.97	0.26	Clay loam	56.9
15-30cm	5.0	7.48	14	68	2.10	0.19	Silty clay	41.5

一、田間試驗

㈠生育初期土壤 pH 值、產量與農藝性狀之比較

表 2 顯示秋植山葵種植後 9 個月時對照區表土之 pH 值平均爲 4.61 較種植前之 5.2 降低了 0.59 單位，其原因可能秋植區種植前試區土壤歷經多雨之夏季，土壤長期較潮濕，強酸性土壤之 pH 值會有昇高之現象，而秋植區種植後歷經秋及冬季等旱季(圖 1)，因雨水少，土壤較乾燥對照區土壤中硝酸態含量達 79.7ppm 較種植前之 37.5ppm 高出甚多，因而 pH 降低，土壤之 pH 值易受到環境因子之影響如水分、氮素含量等之影響而變動亦常被提及(10,11,12)。施用石灰 2 或 4 ton/ha 區土壤之 pH 值均顯著地高於對照區，分別爲表土增加 0.93 及 1.31 單位，底土則分別增加 0.32 及 0.36 單位，兩處理間之差異不顯著。春植區對照區表土之 pH 值爲 5.12 接近種植前樣本之 pH 值(表 1)，施用石灰 2 或 4 ton/ha 區土壤之 pH 亦分別較對照區顯著增加 0.73 及 1.14 單位(表土)，與 0.19 及 0.24 單位(底土)，兩處理間之差異亦不明顯，兩試區施用石灰 4 ton/ha 處理表土之 pH 值已提昇至 6.0 左右，已達適宜山葵生長之範圍 6.0～7.0(17)。

表 2. 各處理區土壤 pH 值(種植後 9 個月採樣)

Table 2. pH value in soil of different fertilizer treatments (sampling at 9 months after planting)

Treatment	Fall crop		Spring crop	
	Surface soil 0-15cm	Subsoil 15-30cm	Surface soil 0-15cm	Subsoil 15-30cm
$Ca_{a0}B_0^y$	4.47c^z	5.10ab	5.05b	5.25a
B_{20}	4.83c	4.97ab	5.21b	5.46a
B_{40}	4.54c	4.70b	5.11b	5.44a
Mean	4.61	4.92	5.12	5.35
$Ca_{a2}B_0$	5.41b	5.24a	5.99a	5.52a
B_{20}	5.58ab	5.20a	5.72a	5.61a
B_{40}	5.63ab	5.28a	5.85a	5.49a
Mean	5.54	5.24	5.85	5.54
$Ca_{a4}B_0$	5.93a	5.12a	6.23a	5.61a
B_{20}	6.00a	5.30a	6.19a	5.55a
B_{40}	5.86a	5.42a	6.36a	5.61a
Mean	5.92	5.28	6.26	5.59

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] Ca_0、Ca_2、Ca_4=$CaCO_3$ 0、2、4 ton/ha；B_0、B_{20}、B_{40}=Borax 0、20、40 kg/ha.

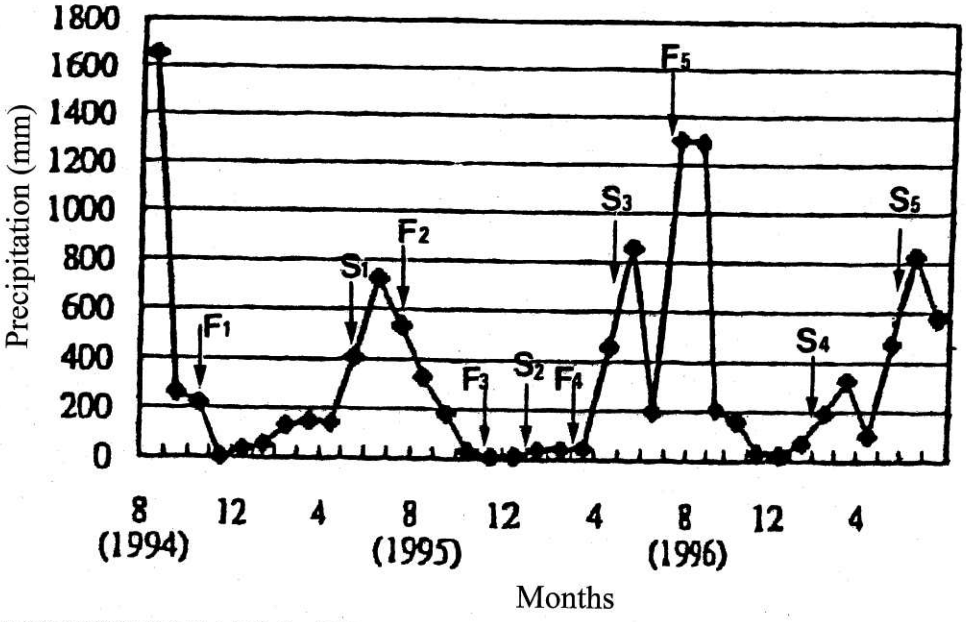

圖 1. 雨量之變化(資料來自阿里山氣象站；1994～1996，F1、F2、F3、F4 及 F5 分別代表秋作種植期，種植後 9 個月、13 個月、17 個月及 21 個月(收穫期)；S1、S2、S3、S4 及 S5 分別代表春作種植期，種植後 9 個月、13 個月、21 個月及 25 個月(收穫期)。

Fig. 1. The fluctuation of rainfall (data from Ali mountain weather station,1994～1996, F1,F2,F3,F4,F5: planting date, 9,13,17,21 months after planting of fall crop; S1,S2,S3,S4,S5: planting date, 9,13,21,25 months after planting of spring crop).

表 3 分別爲秋植區台農 1 號及 70-1-1 品系生育初期之產量與農藝性狀資料，台農 1 號之產量高於 70-1-1 品系，其原因可能爲種植時採用之台農 1 號之分蘗苗較 70-1-1 品系大，故其初期生育優於 70-1-1 紅梗品系，另外胡等(7)亦指出台農 1 號比 70-1-1 品系有較佳之產量。施用石灰 2 或 4 ton/ha 區植株之株高略高於對照區(不施石灰區)，但差異不顯著，而分蘗株之數目則顯著多於對照區。台農 1 號植株長得較佳，施用 2 或 4 ton/ha 石灰區之植株及根莖鮮重均顯著多於對照區，兩處理之間則無差異。而 70-1-1 品系之植株及根莖鮮重較少，施石灰 2 或 4 ton/ha 區略優於對照，但差異不顯著。春植區之資料亦顯示施用石灰 2 或 4ton/ha 植株生育均優於對照區，兩處理間未達顯著差異(表 4），秋植及春植試區山葵初期生長資料均顯示施用硼砂 20 kg/ha 區與對照區差異不大(表 3 及表 4)。

表 3. 各處理山葵之產量農藝性狀 (秋植區，種植後 9 個月採樣)

Table 3. Yields and agronomic characteristics of wasabi from different fertillizer treatments (fall crop, sampling at 9 months after planting)

	TN1				70-1-1			
Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha
$C_{a0}B_0$[y]	35.3b[z]	5.8a	22.8b	1.01b	28.8a	3.3a	15.4b	0.93b
B_{20}	35.8b	3.5a	22.6b	1.02b	24.3a	2.3a	14.1b	0.99b
Mean	35.6	4.7	22.7	1.02	26.6	2.8	14.8	0.96
$C_{a2}B_0$	38.8ab	12.0a	43.3a	1.45b	30.0a	5.8a	22.0a	1.18a
B_{20}	39.8ab	10.3a	34.0a	1.49a	28.0a	6.8a	17.3ab	1.14a
Mean	39.3	11.2	38.7	1.47	29.0	6.3	19.6	1.16
$C_{a4}B_0$	41.3a	13.0a	47.1a	1.61a	29.8a	4.0a	19.9a	1.20a
B_{20}	41.5a	13.8a	49.3a	1.70a	26.5a	4.8a	21.6a	1.29a
Mean	41.4	13.4	48.2	1.66	28.2	4.4	20.8	1.25

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

表 4. 各處理山葵之產量及農藝性狀 (春植區，種植後 9 個月採樣)

Table 4. Yields and agronomic characteristics of wasabi from different fertillizer treatments (spring crop, sampling at 9 months after planting)

	TN1				70-1-1			
Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha
$C_{a0}B_0$[y]	28.1b[z]	3.9a	9.3b	0.49b	17.9a	1.5a	5.2b	0.37b
B_{20}	29.5ab	4.8a	15.8b	0.60b	19.1a	1.5a	6.3b	0.44b
Mean	28.8	4.3	12.6	0.55	18.5	1.5	5.8	0.41
$C_{a2}B_0$	31.2ab	4.5a	11.6b	0.54b	18.5a	1.5a	6.9ab	0.48ab
B_{20}	32.5a	5.8a	17.3ab	0.79a	19.9a	1.3a	7.4a	0.62a
Mean	31.9	5.2	14.5	0.67	19.2	1.4	7.2	0.55
$C_{a4}B_0$	34.3a	6.9a	20.9a	0.94a	20.7a	1.9a	8.1a	0.58a
B_{20}	33.9a	6.3a	19.5a	1.02a	22.6a	2.1a	7.9a	0.59a
Mean	34.1	6.6	20.3	0.98	21.7	2.0	8.0	0.59

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test .

[y] see Table 2.

表 5 爲秋植區根莖罹患條斑病嚴重度之調查資料，顯示施用石灰 2 或 4 ton/ha 均降低根莖條斑病之嚴重程度，其原因可能爲施用石灰使表土 pH 值強酸性之 4.61 提昇爲 5.54(2 ton/ha 區）及 5.92（4 ton/ha 區）有助於土壤硼素有效性之提昇之故(21)。因而施硼砂僅在無施石灰區有顯著降低根莖條斑病嚴重度之效果，在施石灰區則因效果不明顯。春植區施用石灰 2 及 4 ton/ha 對減少根莖罹患條斑病嚴重度無明顯效果，可能因對照區 pH 值已達 5.11，施石灰提昇 pH 值對硼素有效性無明顯影響，秋植及春植區施用硼砂 20kg/ha 均顯著降低條斑病嚴重度。

表 5. 施用石灰及硼砂對防治山葵條斑病之效果(秋植區，種植後 9 個月採樣)

Table 5. Effect of lime and borax applications on severity of streak disease of wasabi (fall crop, sampling at 9 months after planting)

Treatment	Fall crop			Spring crop		
	TN1	70-1-1	Mean	TN1	70-1-1	Mean
$C_{a0}B_0$[y]	43.3a[z]	46.3a	44.8a	50.0a	37.5a	43.8a
B_{20}	25.0b	17.5bc	21.3b	37.5b	12.5bc	25.0b
Mean	34.2	31.9	33.1	43.8	25.0	34.4
$C_{a2}B_0$	27.5b	27.5b	27.5ab	43.8b	33.3a	38.6a
B_{20}	30.0b	20.0b	25.0b	37.5b	25.0b	31.3b
Mean	28.8	23.8	26.3	40.7	29.2	35.0
$C_{a4}B_0$	30.3ab	15.0c	22.5b	50.0a	37.5a	43.8a
B_{20}	25.0b	17.5c	21.3b	37.5b	21.9b	29.7b
Mean	27.5	16.3	21.9	43.8	29.7	36.8

[z] % of streak disease severity, means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test .

[y] see Table 2.

㈡生育中期產量與根莖病症之比較

圖 2 及圖 3 係秋植及春植區種植後 13 及 17 個月(春植區爲 21 個月)時植株鮮重資料，顯示施用硼砂略有增加植株鮮重之效果，但差異不顯著。而施用石灰 2 或 4 ton/ha 區之植株鮮重均明顯高於對照區,增加之幅度分別達(數據爲三級硼砂處理之平均)：56 ％ 及 72 ％ (秋植區台農 1 號，種植後 13 個月)；31 ％及 41 ％(秋植區 70-1-1 品系，種植後 13 個月)；44 ％及 42 ％(秋植區台農 1 號，種植後 17 個月)；44 ％及 63 ％(秋植區 70-1-1 品系，種植後 17 個月)；51 ％及 68 ％(春植區台農 1 號，種植後 13 個月)；5 ％及 14 ％(春植區 70-1-1 品系，種植後 17 個月)；61 ％及 75 ％(春植區台農 1 號，種植後 21 個月)；21 ％及 27 ％(春植區 70-1-1 品系，種植後 21 個月)，施用石灰 2ton/ha 或 4ton/ha 兩處理間差異不大。施用石灰及硼砂均有降低根莖黑心症嚴重度之效果(圖 4 及圖 5)，隨著硼砂用量之增加根莖罹患條斑病之嚴重度明顯降低，而施石灰則無此效果(圖 6 及圖 7)。

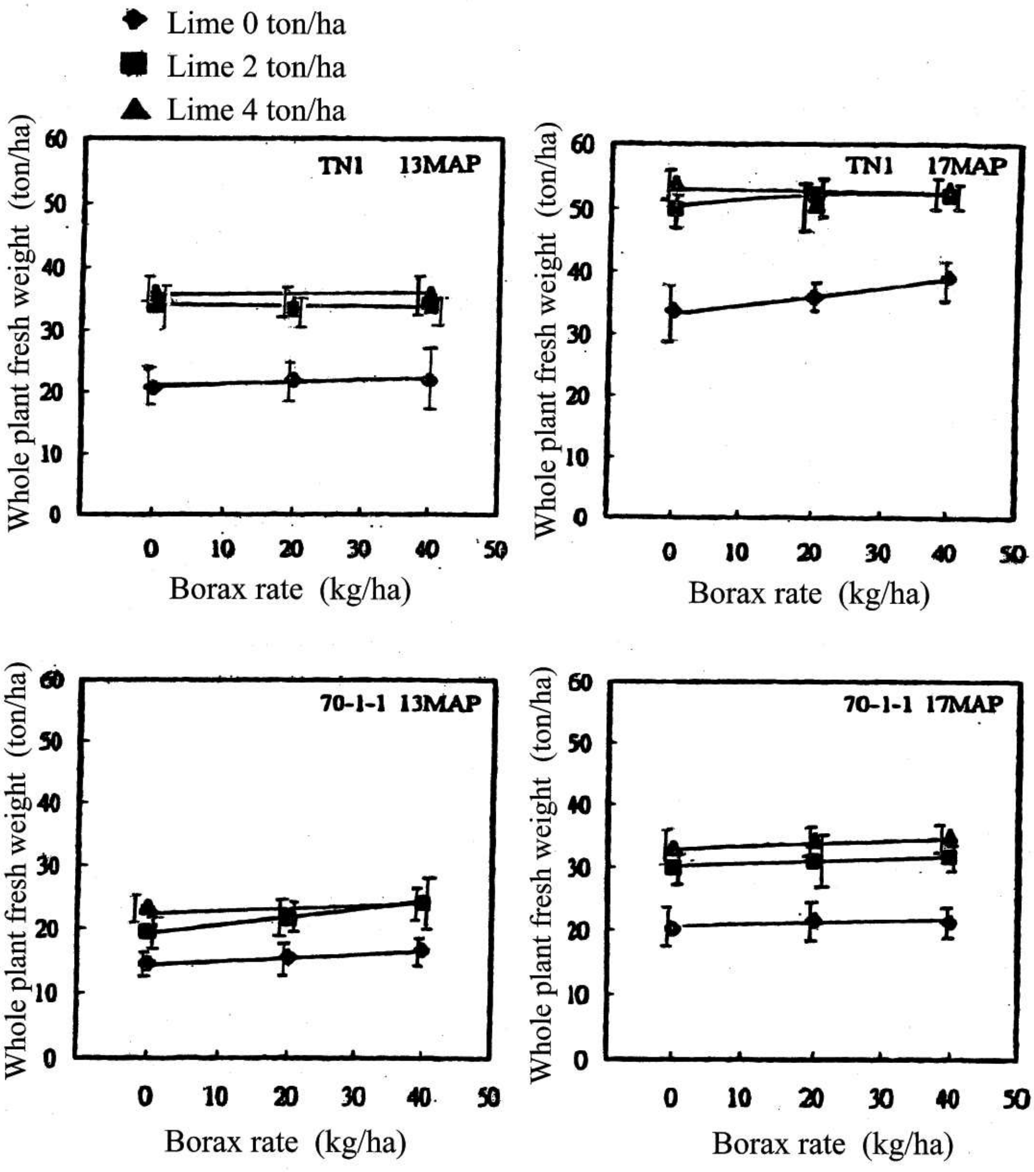

圖 2. 施用石灰與硼砂對山葵全株鮮重之影響(MAP:種植後月數，秋植區)。

Fig. 2. Effects of lime and borax applications on whole plant fresh weight of wasabi. (MAP: months after planting, fall crop)

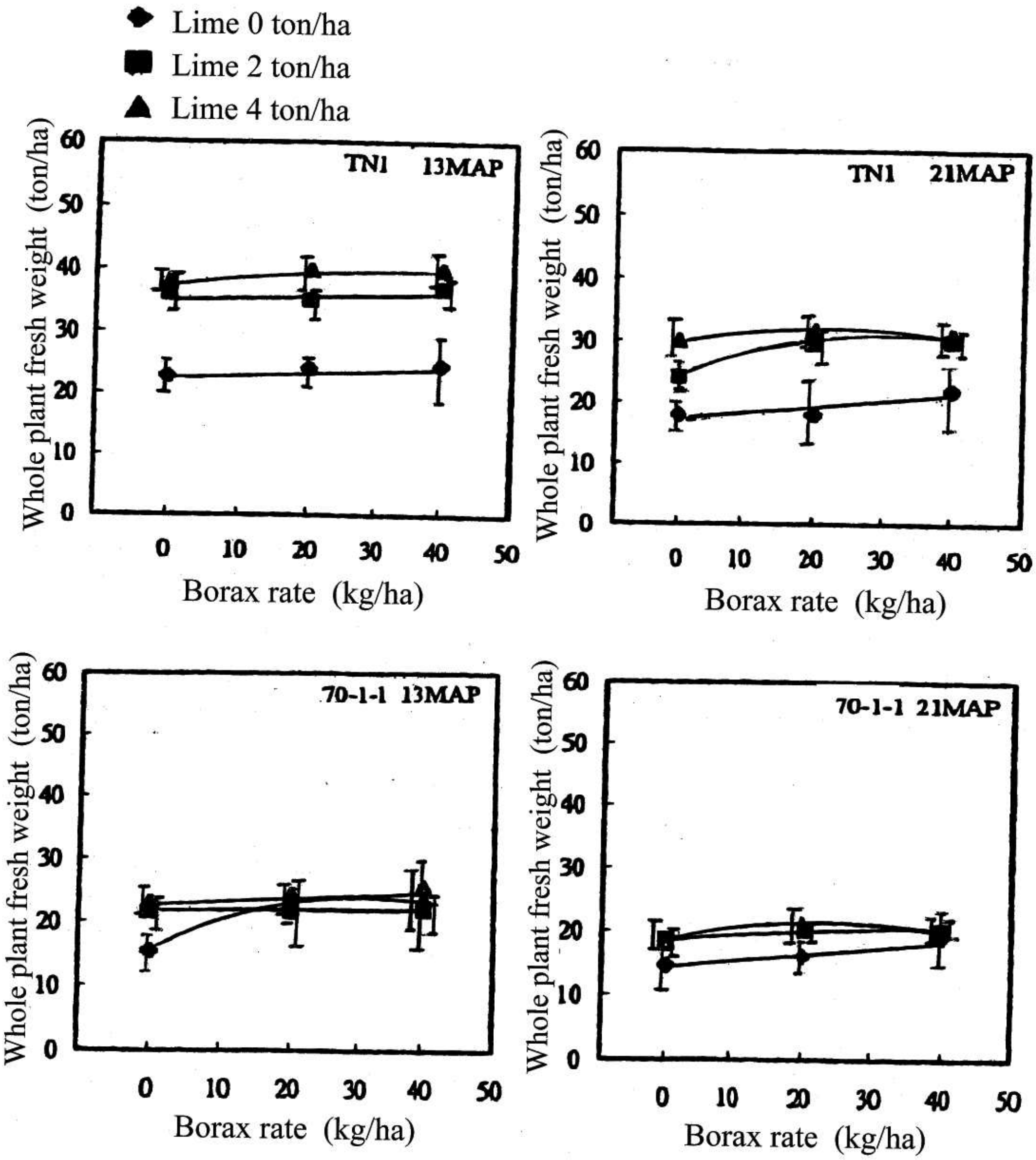

圖 3. 施用石灰與硼砂對山葵全株鮮重之影響(MAP:種植後月數，春植區)。

Fig. 3. Effects of lime and borax applications on whole plant fresh weight of wasabi. (MAP: months after planting, spring crop)

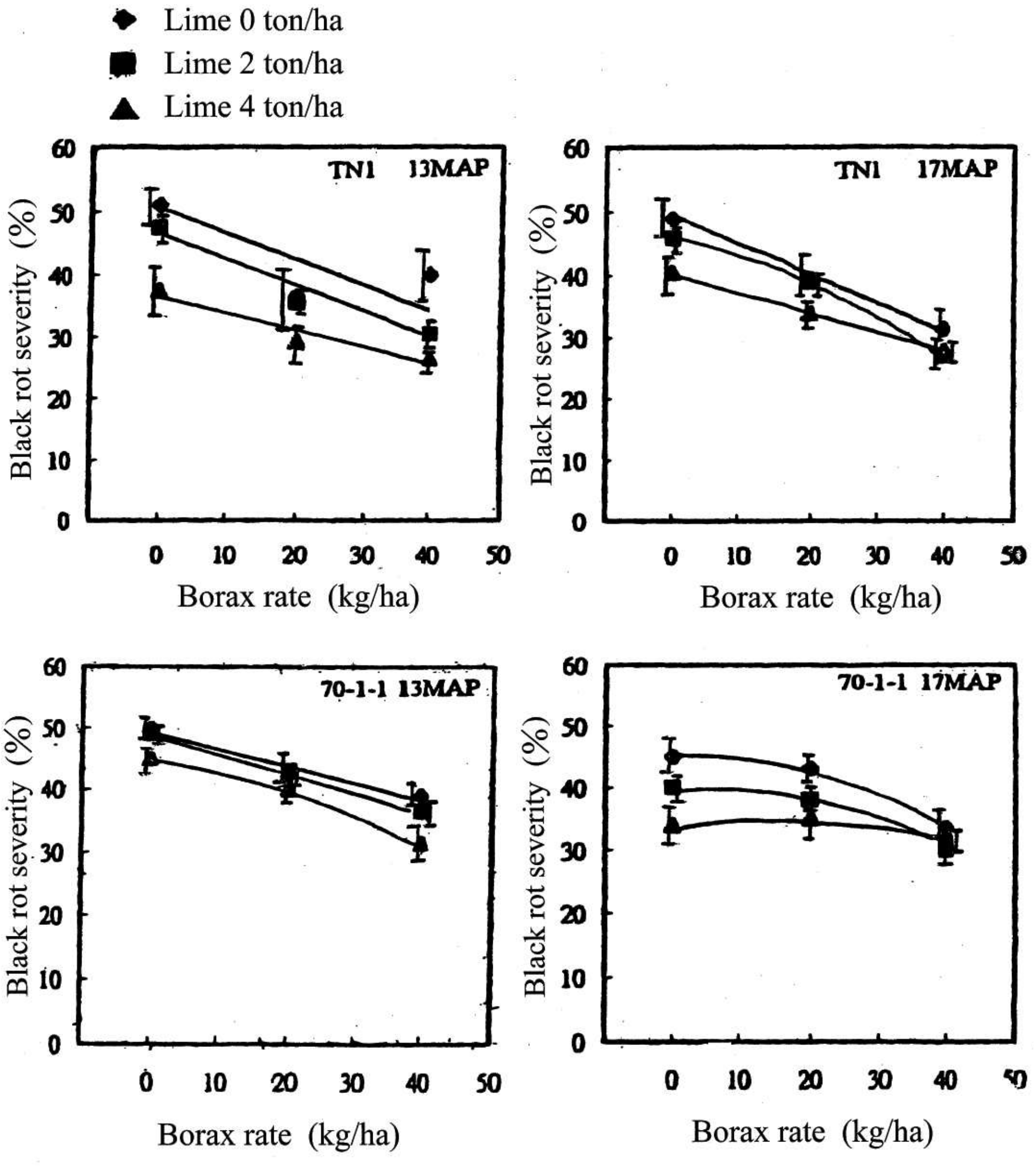

圖 4. 施用石灰與硼砂對山葵根莖黑心症嚴重度之影響(MAP:種植後月數，秋植區)。

Fig. 4. Effects of lime and borax applications on black rot severity of wasabi.

(MAP: months after planting, fall crop)

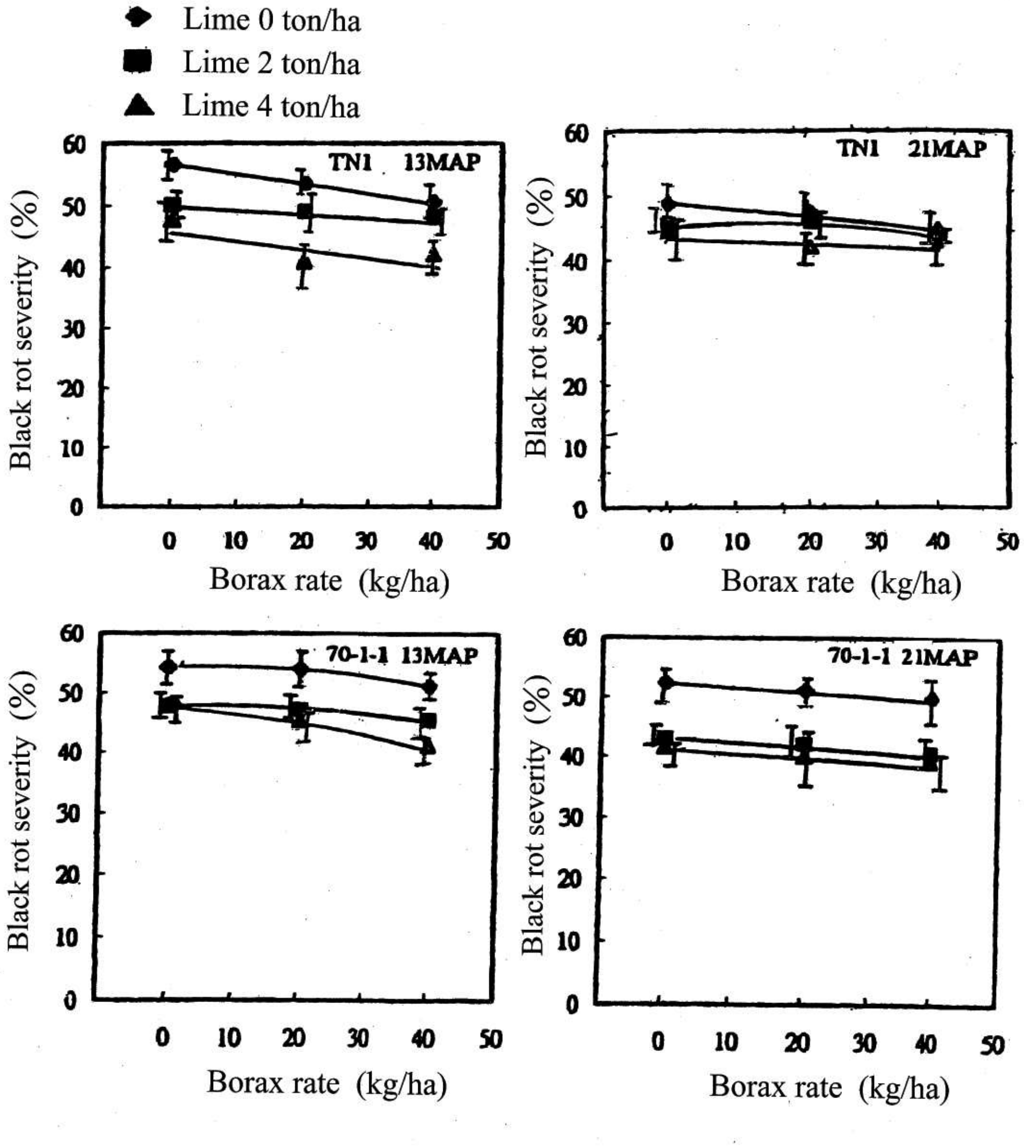

圖 5. 施用石灰與硼砂對山葵根莖黑心症嚴重度之影響 (MAP:種植後月數，春植區)。

Fig. 5. Effects of lime and borax applications on black rot severity of wasabi.

(MAP: months after planting, spring crop)

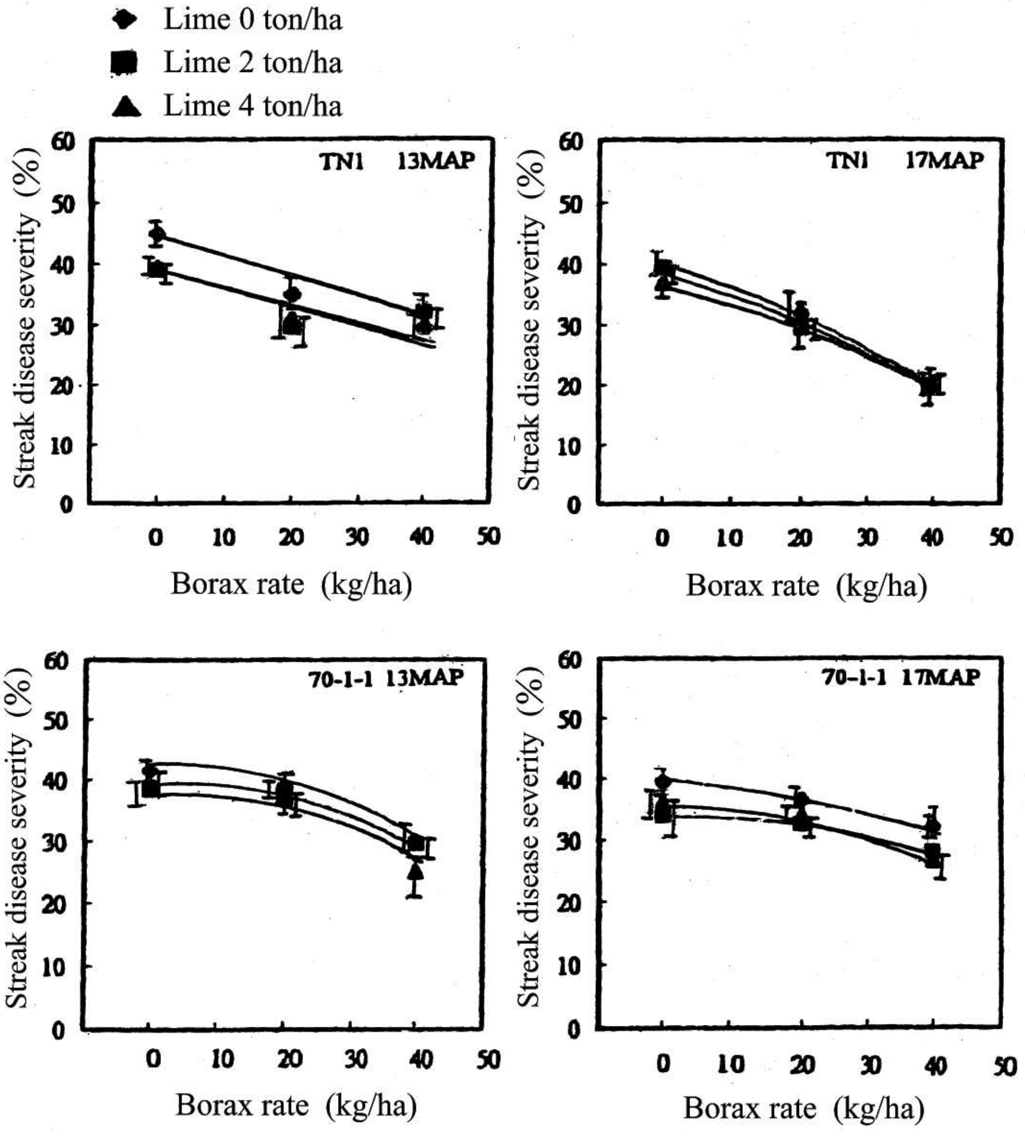

圖 6. 施用石灰與硼砂對山葵根莖條斑病嚴重度之影響 (MAP:種植後月數，秋植區)。

Fig. 6. Effects of lime and borax applications on streak disease severity of wasabi.

(MAP: months after planting, fall crop)

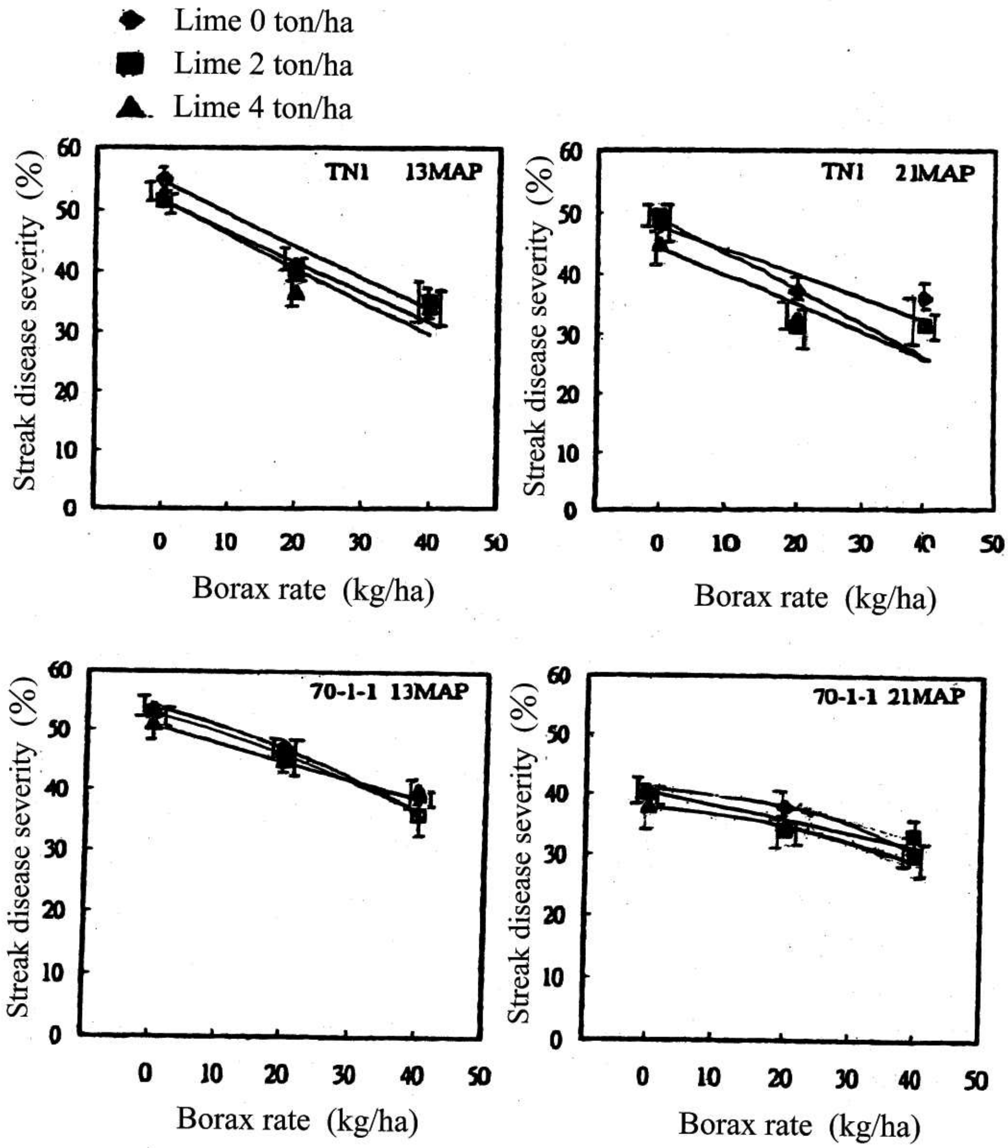

圖 7. 施用石灰與硼砂對山葵根莖條斑病嚴重度之影響 (MAP:種植後月數，春植區)。

Fig. 7. Effects of lime and borax applications on streak disease severity of wasabi. (MAP: months after planting, spring crop)

㈢收穫期產量、根莖病症與鈣、硼含量之比較

秋植區種植後 21 個月之收量資料顯示施用石灰 2 或 4 ton/ha 處理區山葵植株及根莖鮮重顯著高於對照處理者，兩者間無明顯差異，兩品系之結果相同，施用硼砂 20 及 40kg/ha 則僅在無施石灰區明顯有增加全株及根莖鮮重之效果，增產幅度分別爲台農 1 號施硼砂 20kg/ha 處理比對照區全株鮮重增加 29％，根莖鮮重增加 22％，硼砂 40kg/ha 處理全株鮮重增加 50％，根莖鮮重增加 36％；而 70-1-1 品系施硼砂 20kg/ha 區全株鮮重增加 31％，根莖鮮重增加 11％，硼砂 40kg/ha 區全株鮮重增加 53％，根莖鮮重增加 27％(以上數據係由表 6 及表 7 之無石灰處理之數據計算所得)。惟僅 70-1-1 品系之無施石灰區施硼砂之增產效果達統計上之顯著（表 6 及表 7）。春植區種植後 25 個月之收量資料亦顯示相似之結果（表 8 及表 9)。秋植區根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑病嚴重度之相關圖顯示根莖鈣含量增加時有降低 70-1-1 品系黑心症及條斑病嚴重度之效果，對台農 1 號之影響則不明顯(圖 8)。增加硼含量亦有降低黑心症及條斑病嚴重度之效果，硼含量與條斑病嚴重度則呈顯著負相關（圖 9）。春植區之資料亦顯示鈣含量增加可顯著降低根莖黑心症嚴重度(圖 10)，根莖硼含量增加時，條斑病嚴重度顯著降低(圖 11)。由於鈣及硼兩元素均與細胞之生長分化有密切之關係，鈣爲構成植物體中膠層之重要成分，在細胞膜或細胞壁存在較多，具有中和植物體內過剩之有機酸，強化細胞壁組織及調節體內水分等功能。移動性小，缺乏時新生部位易受影響，缺乏症狀有蕃茄尻腐症，白菜和芹菜之心腐症等。硼則與細胞分裂，花粉受粉，養分吸收及糖分之輸送等有切關係，移動性亦小，故缺乏時生長點之生長停止，變脆、變黃而枯死；根部或莖部之中心部分變黑，根莖類缺硼時易生心腐病，缺硼之症狀與缺鈣者相似(3,9,21)。而本試驗中山葵根莖鈣含量爲 0.5.0％，明顯低於日本所種植山葵之鈣含量(根莖約 1.0～1.6％)(17)。根莖之硼含量則僅爲 10～20ppm，甚低，與著者 1996 年之結果相似(4)，雖缺乏其它前人有關山葵硼含量之資料可資比較，惟與同屬十字花科植物硼含量之 22～65ppm，則明顯偏低(3)。施用石灰增加植株鈣含量之程度不高，僅由 0.57％(對照區)增加至 0.68％(2ton/ha 處理區)及 0.75％(4ton/ha 處理區)(秋植區，兩品系平均)，春植區亦僅由 0.54％(對照區)增加至 0.58%(2ton/ha 處理區)及 0.62%(4ton/ha 處理區)(春植區，兩品系平均)，而收穫時施石灰區土壤之 pH 值及置換性鈣含量施石灰區仍均顯著高於對照區(表 10)，植株鈣及硼含量未能有效增加之原因，尚待繼續加以探討。

表 6. 不同處理山葵之產量與農藝性狀(台農 1 號，秋植區種植後 21 個月收穫)

Table 6. Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (TN1, fall crop, harvesting at 21 months after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0^y$	38.1a^z	6.9a	20.9b	1.81b	8.7a
$C_{a0}B_{20}$	37.7a	7.4a	27.0b	2.20b	8.1a
$C_{a0}B_{40}$	37.6a	7.8a	29.9b	2.47b	8.3a
$C_{a2}B_0$	40.4a	9.6a	41.0a	3.49a	8.5a
$C_{a2}B_{20}$	39.7a	9.7a	46.1a	3.77a	8.2a
$C_{a2}B_{40}$	39.6a	10.9a	44.9a	3.84a	8.6a
$C_{a4}B_0$	41.4a	9.7a	46.0a	3.71a	8.1a
$C_{a4}B_{20}$	39.7a	12.2a	43.9a	3.85a	8.8a
$C_{a4}B_{40}$	41.2a	10.5a	48.1a	3.91a	8.1a

^{z}Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

^{y}see Table 2.

表 7. 不同處理山葵之產量與農藝性狀(70-1-1 品系，秋植區，種後 21 個月收穫)

Table 7. Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (70-1-1, fall crop, harvesting at 21 months after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0^y$	28.0a^z	2.5b	18.9c	2.23b	11.8a
$C_{a0}B_{20}$	29.7a	3.2b	24.8b	2.48b	10.0a
$C_{a0}B_{40}$	29.0a	3.3b	28.9b	2.83b	9.8a
$C_{a2}B_0$	30.4a	5.7a	32.4a	3.35a	10.3a
$C_{a2}B_{20}$	29.9a	5.8a	34.9a	3.58a	10.3a
$C_a^2B_{40}$	29.8a	5.9a	33.8a	3.68a	10.9a
$C_{a4}B_0$	30.1a	5.8a	36.1a	3.58a	9.9a
C_{a4B}^{20}	29.9a	6.2a	39.7a	3.75a	9.4a
$C_{a4}B_{40}$	30.4a	5.9a	38.1a	3.99a	10.5a

^{z}Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

^{y}see Table 2.

表 8. 不同處理山葵之產量與農藝性狀(台農 1 號，春植區，種植後 25 個月收穫)

Table 8. Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (TN1, spring crop, harvesting at 25 months after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0$[y]	27.5b[z]	8.0b	25.1c	2.06c	8.2a
$C_{a0}B_{20}$	32.8a	12.5a	34.5b	3.06b	8.9a
$C_{a0}B_{40}$	31.0a	14.3a	36.0b	3.07b	8.8a
$C_{a2}B_0$	34.0a	11.3a	30.1c	2.67b	8.9a
$C_{a2}B_{20}$	35.3a	11.5a	37.9b	3.17b	8.4a
$C_{a2}B_{40}$	38.8a	14.3a	43.1ab	3.56ab	8.3a
$C_{a4}B_0$	37.3a	12.8a	39.1b	3.38b	8.6a
$C_{a4}B_{20}$	38.3a	13.8a	42.6ab	3.79a	8.9a
$C_{a4}B_{40}$	35.0a	12.3a	44.8a	3.98a	8.9a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

表 9 . 不同處理山葵之產量與農藝性狀(70-1-1 品系，春植區，種後 25 個月收穫)

Table 9 . Comparison of different treatments on the yield and agronomic characteristic of wasabi (70-1-1, spring crop, harvesting at 21 months , after planting)

Treatment	Plant ht. cm	Tiller number no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. ton/ha	Rhizome /plant %
$C_{a0}B_0$[y]	17.3b[z]	3.4b	16.9c	2.10b	12.4a
$C_{a0}B_{20}$	27.0a	3.6b	19.5bc	2.24b	11.5a
$C_{a0}B_{40}$	25.5a	4.1ab	23.9b	2.59ab	10.8a
$C_{a2}B_0$	18.9ab	3.5b	20.8b	2.29b	11.0a
$C_{a2}B_{20}$	24.5a	3.5b	23.9b	2.63ab	11.0a
$C_{a2}B_{40}$	25.5a	4.5ab	25.8a	2.81a	10.9a
$C_{a4}B_0$	23.5a	5.1a	21.9b	2.54ab	11.6a
$C_{a4}B_{20}$	26.3a	5.8a	31.1a	3.61a	11.6a
$C_{a4}B_{40}$	24.0a	5.0a	28.9a	2.99a	10.3a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

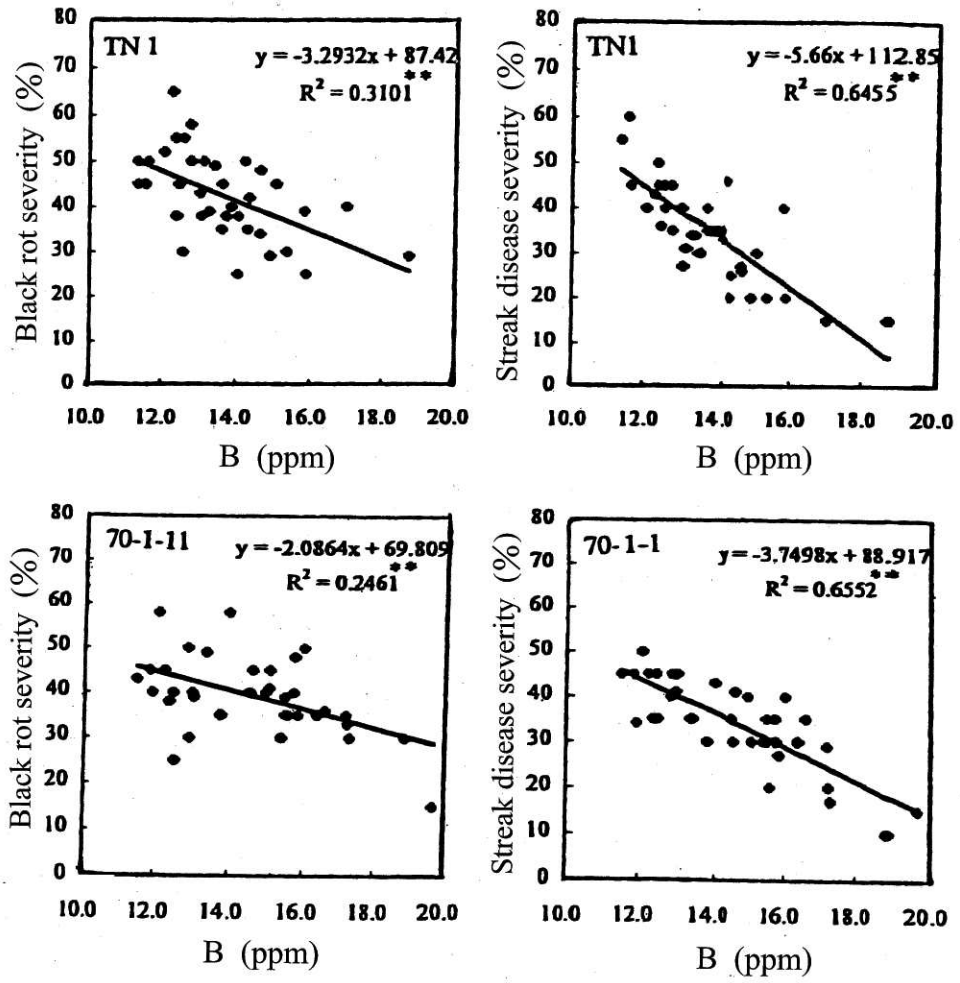

圖 8. 山葵根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(秋植區)。

Fig. 8. Relationship between calcium content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (fall crop).

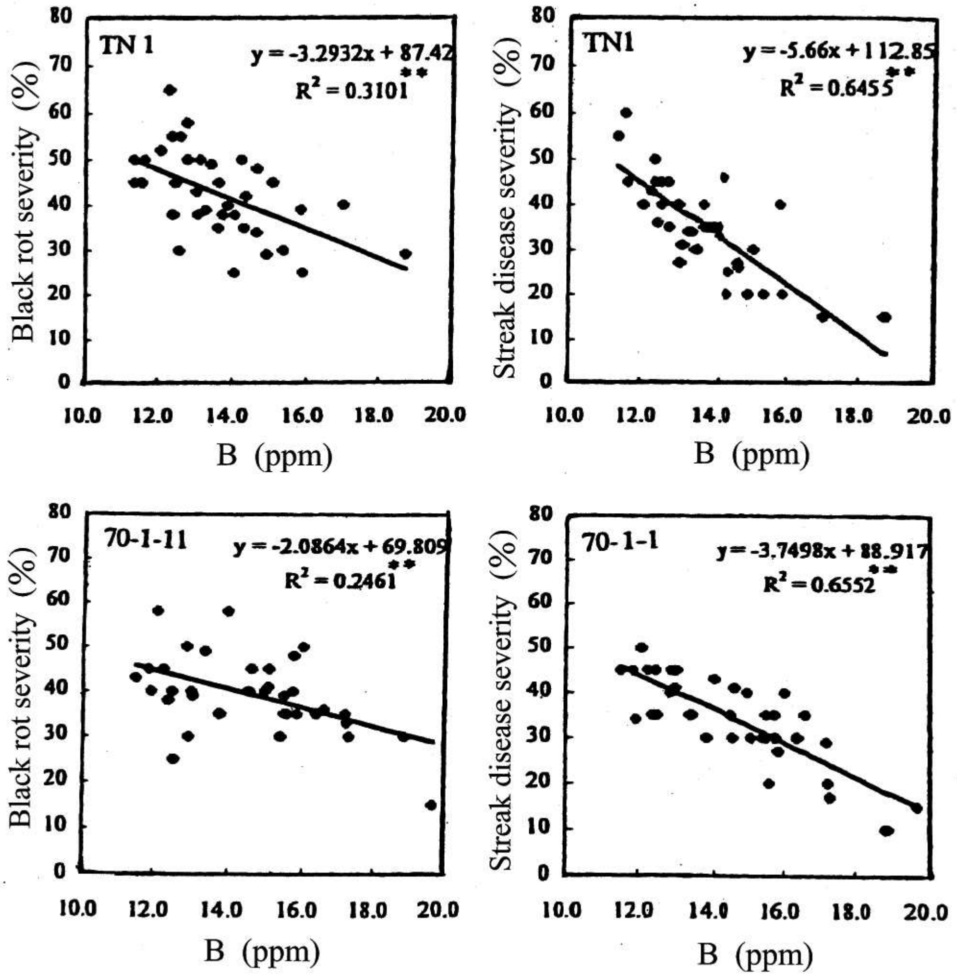

圖 9. 山葵根莖硼含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(秋植區)。

Fig. 9. Relationship between boron content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (fall crop) .

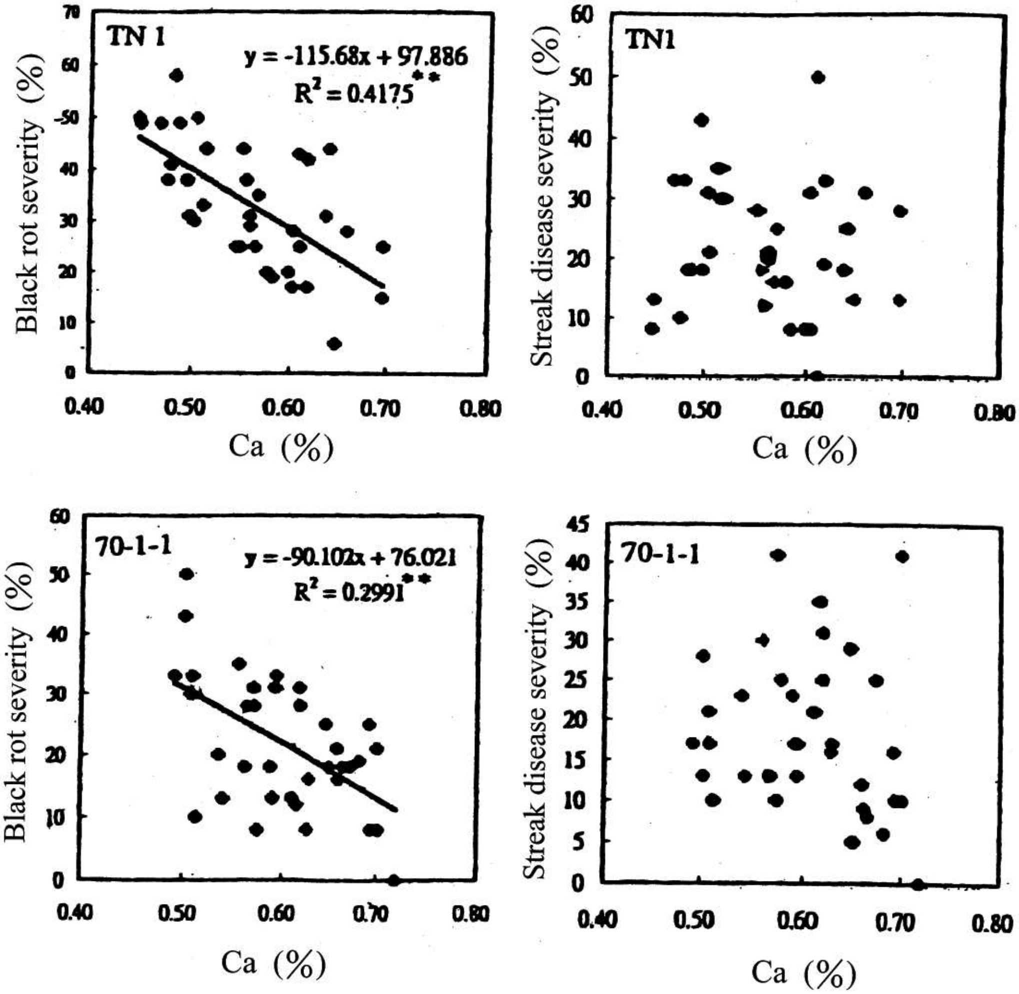

圖 10. 山葵根莖鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(春植區)。

Fig. 10. Relationship between calcium content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (spring crop) .

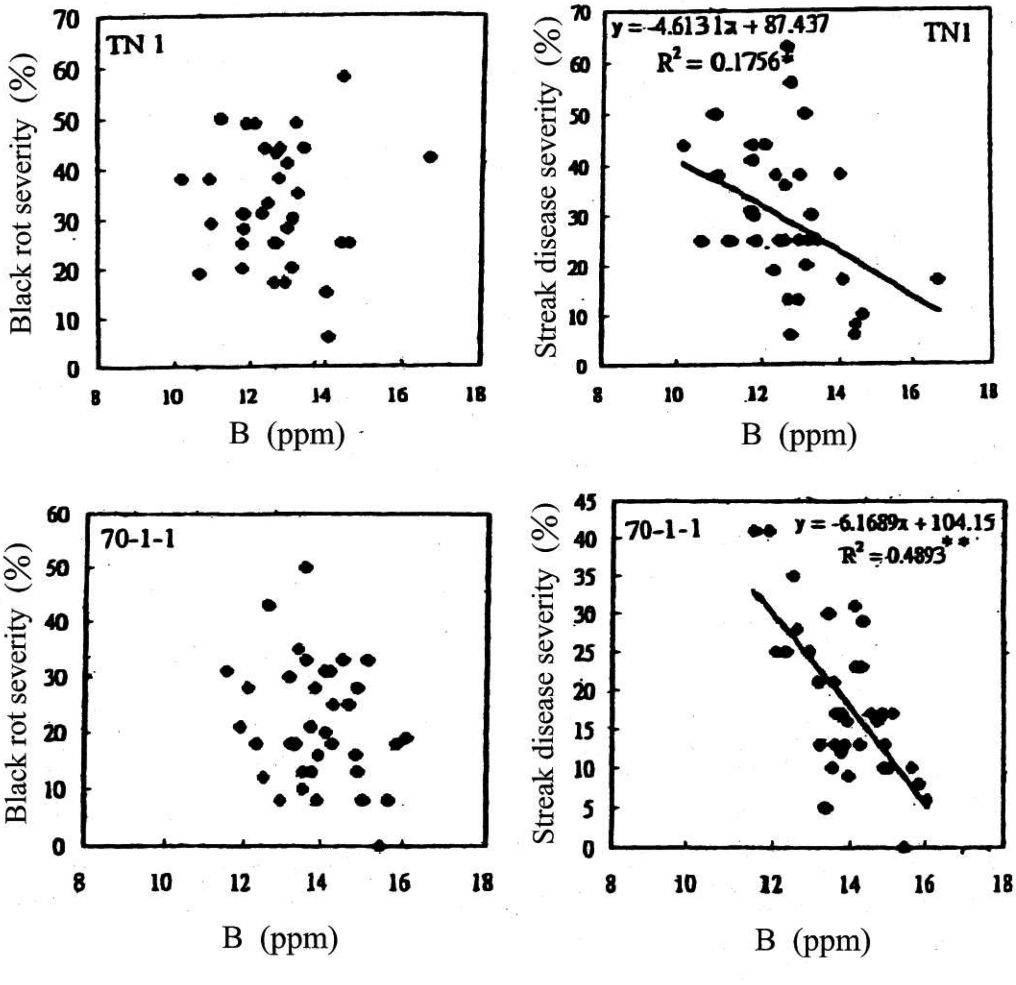

圖 11. 山葵根莖硼含量與根莖黑心症嚴重度及條斑嚴重度之相關(春植區)。

Fig. 11. Relationship between boron content in rhizome and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi (spring crop) .

表 10. 收穫時土壤 pH 值與置換性鈣含量

Table 10. Soil pH value and exchangeable calcium content of experimental plot at plant harvest

Treatment	Fall crop				Spring crop			
	Surface soil(0-15cm)		Subsoil(15-30cm)		Surface soil(0-15cm)		Subsoil(15-30cm)	
	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	pH(1:1)	Exch.Ca cmol/kg
$C_{a0}B_{0}$[y]	4.45b[z]	2.57b	4.24b	2.27b	4.63b	2.74b	4.36b	2.49b
$C_{a0}B_{20}$	4.40b	2.69b	4.36b	2.05b	4.91ab	2.59b	4.39b	2.24b
$C_{a0}B_{40}$	4.40b	2.44b	4.20b	2.10b	4.65b	2.69b	4.40b	2.00b
$C_{a2}B_{0}$	4.84b	5.84a	4.40ab	2.57ab	5.07ab	5.94a	4.54ab	3.01ab
$C_{a2}B_{20}$	4.86b	6.19a	4.51a	2.79ab	5.25ab	6.49a	4.59a	3.09ab
$C_{a2}B_{40}$	4.98ab	5.86a	4.69a	3.64a	4.91ab	5.59a	4.53ab	3.39a
$C_{a4}B_{0}$	5.40a	11.15a	4.90a	3.87a	5.51a	10.95a	4.80a	4.19a
$C_{a4}B_{20}$	5.31a	8.23a	5.01a	4.24a	5.34a	10.40a	4.50a	4.94a
$C_{a4}B_{40}$	5.45a	10.40a	4.95a	3.67a	5.42a	10.58a	4.59a	4.54a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 2.

㈣生育期間植株鮮重及根莖鮮重之變化

圖 12 秋植區山葵生育期間全株及根莖鮮重變動之情形，在冬季及春季植株及根莖鮮重有明顯增加之趨勢，顯示植株有明顯生長，而在夏季之期間植株鮮重則明顯降低，尤其是台農 1 號最爲明顯。春植區植株鮮重變動之情形與秋植區相同在夏季明顯減少(圖 13)此情形與著者以往之研究結果相似(4)，圖中亦顯示台農 1 號較 70-1-1 品系不耐夏季之環境，植株鮮重減少之幅度較大。連氏及李氏(13)指出高海拔國有林班地(海拔 2000m 左右)氣溫較低，山葵在冬季時生長停止，春季三月時則莖葉快速生長，同時伴隨著根莖肥大，至六月爲生長最茂盛期，七至九月時，因爲溫度昇高，氣候炎熱，不適於山葵生長，莖葉停滯不生長。而本試驗地點達邦地區原住民保留地之海拔僅 1270m，溫度較高海拔之國有林班地高，故夏季時造成植株生長停止，甚而使部份葉片乾枯及脫落，重量顯著減輕。而冬季時因溫度不致於過低，故植株仍能生長，春季時則如同林班地栽培之山葵一樣，莖葉快速而茂盛的生長，著者於 1991 年在試驗地旁之另一試區(海拔 1300m)所實測得之溫度資料(圖 14 及圖 15)，顯示該地區在四、五、六、七及八月之月平均最高溫均接近 25°c(圖 14)，且每月之日最高溫平均超過 25°c 之日數達 14 天(四及五月)、18 天(六月)、17 天(七月)(圖 15)，而足立式(17)指出山葵之最適溫度爲 8～18°c，溫度超過 25°c 則明顯不利於植株生長，本試驗在夏季時亦觀察到植株呈萎凋狀，葉片有明顯乾枯及脫落之現象。故達邦地區原住民保留地因夏季溫度偏高，實不利於山葵生長。

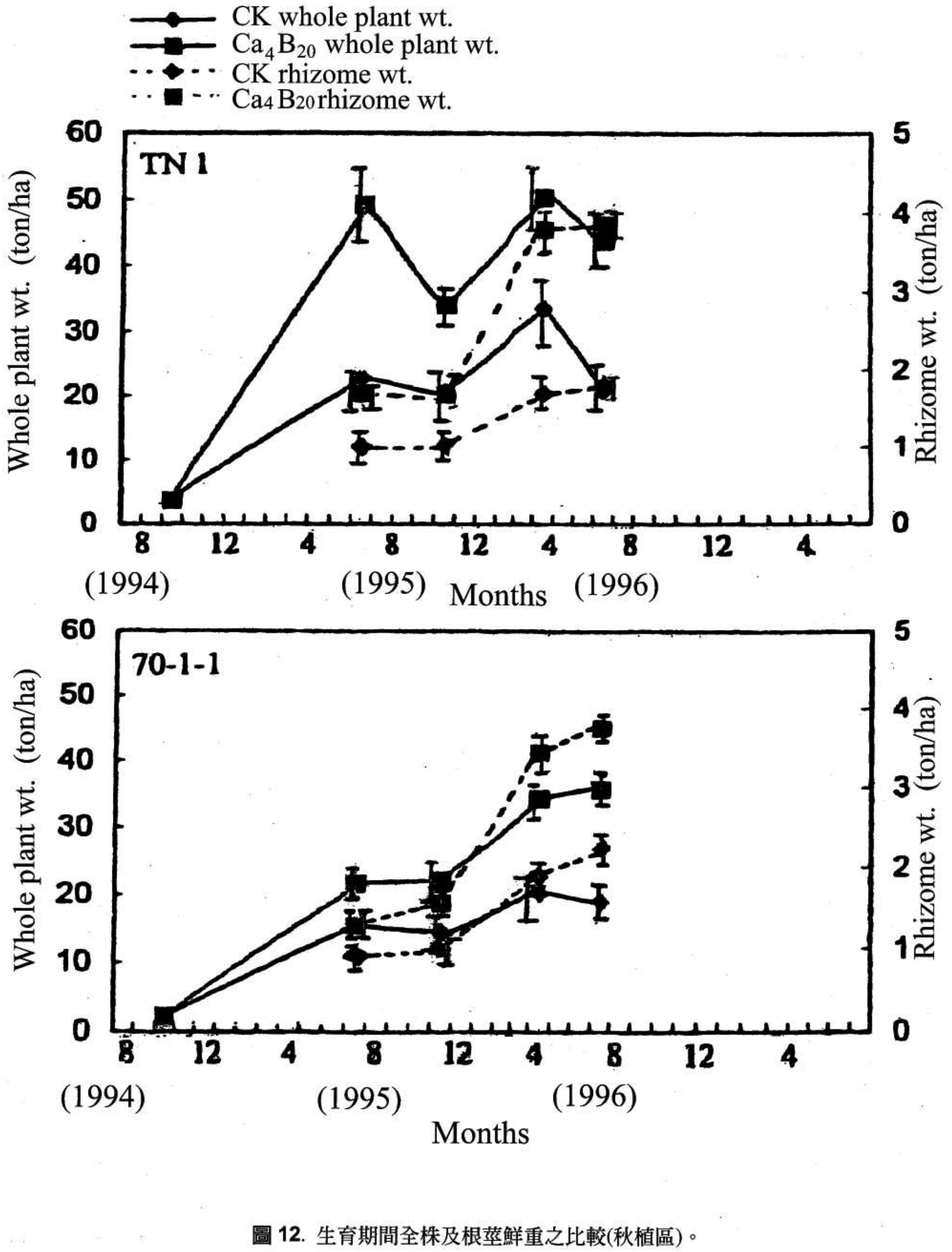

圖 12. 生育期間全株及根莖鮮重之比較(秋植區)。

Fig. 12. Comparison of whole plant and rhizome fresh weight at different growth periods of wasabi (fall crop) .

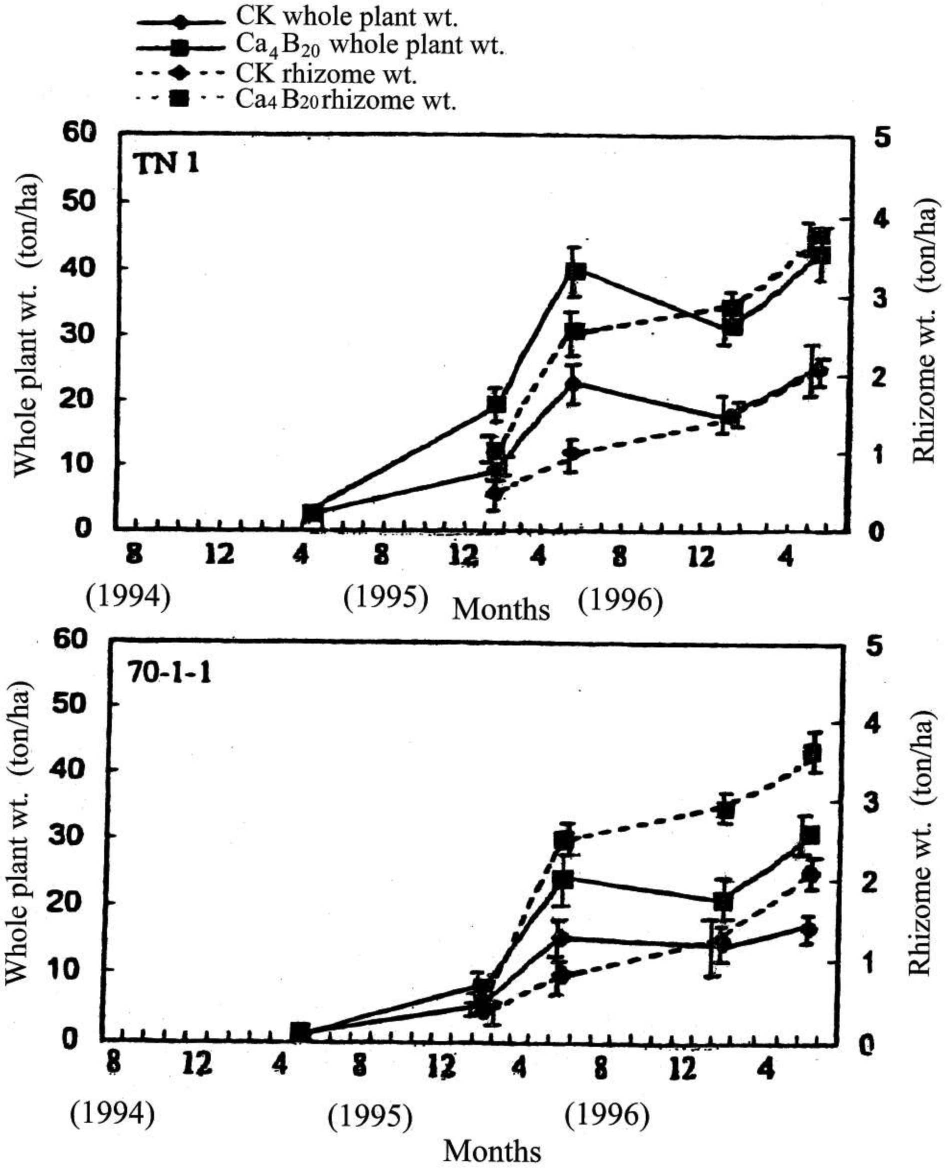

圖 13. 生育期間全株及根莖鮮重之比較(春植區)。

Fig. 13. Comparison of whole plant and rhizome fresh weight at different growth periods of wasabi (spring crop).

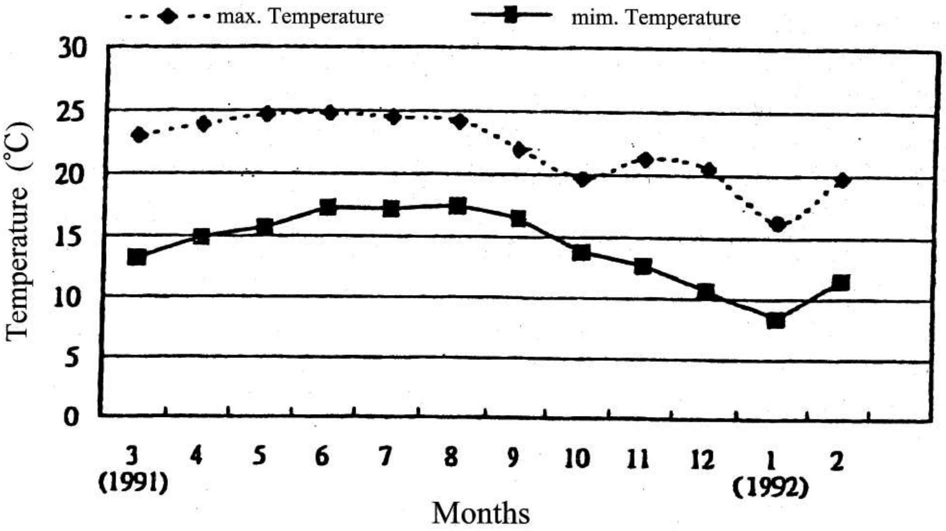

圖 14. 最高溫及最低溫之變化圖(達邦，1991)。

Fig. 14. The fluctuation of maximum and minimun temperature (Tapang, 1991).

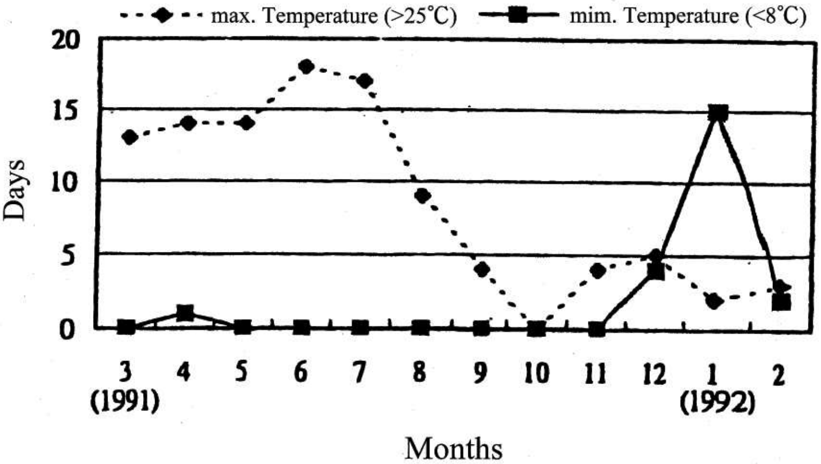

圖 15. 日最高溫高於 25°C 及最低溫低於 8°C 之日數之變化圖(達邦，1991)。

Fig. 15. The fluctuation of the days which maximum temperature higher than 25°C or minimum temperature lower than 8°C (Tapang, 1991).

二、生長箱盆栽試驗

表 11 爲在生長箱內以殺菌土(取自田間試區之表土)栽培山葵組織培養苗 3 個月時植株之產量及農藝性狀資料，顯示施石灰 2 或 4 g/kg 均可增加分蘗株數目及植株之鮮重及乾重，兩處理之間差異不大，施用硼砂 20、40 mg/kg 處理與對照區無明顯差異。種植後 9 個月時植體之資料顯示施用石灰顯著增加植株及根莖重量及鈣含量，施硼亦顯著增加根莖硼含量(表 12)。表中施石灰 4g/kg 處理之根莖之鈣含量達 1.30 %左右，已達日本山葵根莖 1.0～1.6%(17)之水準，遠高於田間試區 4ton/ha 處理之 0.75%(秋植區)及 0.62%（春植區），施硼砂 20、40mg/kg 處理植株根莖硼含量達 34～40ppm，亦顯著高於田間試區之 11～20ppm(秋植區)及 10～17ppm(春植區)，由於生長箱控制之溫度爲日溫 22℃、夜溫 18°C，保持高濕度且盆栽土壤保持潮濕適宜山葵生長之條件，顯示在生長環境條件良好時台農 1 號及 70-1-1 品系之鈣、硼含量均可達相當水準，表 13 中種植後 12 個月後土壤之 pH 值及置換性鈣含量相似於田間試驗，施石灰均明顯提昇 pH 值及置換性鈣含量，雖施 4g/kg 處理之土壤 pH 仍屬強酸性，惟根莖鈣含量已達 1.25 %(兩品種平均)，顯著高於田間試區根莖鈣含量，顯示田間試區受氣候及土壤環境因子之影響，並不很適宜山葵生長，因而植體鈣、硼含量有偏低的現象。圖 16 爲種植後 12 個月植株及根莖鮮重之資料，顯示施石灰及硼砂均有助於山葵生育，植株及根莖鮮重均增加，有或無加菌液(種植後 9 個月加入)處理情形相似，加菌液處理則使植株及根莖鮮重略爲下降。

表 11. 各處理山葵之產量及農藝性狀 (生長箱內種植後 3 個月採樣)

Table 11. Yields and agronomic characteristics of wasabi from different fertilizer treatments (sampling 3 months after planting in growth chamber)

Treatment	TN1				70-1-1			
	plant ht. cm	Tiller number no./plant	plant fresh wt. g	plant dry wt. g	plant ht. cm	Tiller number no./plant	plant fresh wt. g	plant dry wt. g
$C_{a0}B_0$[y]	14.3c[z]	1.0c	10.1c	1.11b	11.5b	3.5b	11.9c	1.35d
B_{20}	19.5a	1.0c	11.5c	1.63b	12.8b	3.5b	11.7c	1.03d
B_{40}	19.3a	1.0c	13.0c	1.45b	12.8ab	3.5b	11.3c	1.14d
Men	17.7	1.0	11.5	1.40	12.4	3.5	11.6	1.17
$C_{a2}B_0$	17.8b	1.5b	18.6b	3.62a	15.0a	6.0a	19.9ab	2.93b
B_{20}	19.3a	3.0ab	30.6a	3.72a	13.8a	5.0a	21.5ab	2.58bc
B_{40}	19.3a	2.0b	25.7ab	3.91a	14.5a	5.0a	19.2b	2.47c
Men	18.8	2.2	25.0	3.75	14.4	5.3	20.2	2.66
$C_{a4}B_0$	18.8ab	3.5a	27.3a	3.68a	15.5a	6.5a	22.4a	3.45a
B_{20}	18.8ab	2.0b	23.9ab	3.28a	16.3a	6.5a	29.2a	4.45a
B_{40}	19.8a	2.0b	23.4ab	3.10a	15.0a	4.5ab	26.8a	3.28ab
Men	19.1	2.5	24.9	3.35	15.6	5.8	26.1	3.73

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] C_{a0}、C_{a2}、C_{a4}=$C_aC\ O_3$0、2、4 g / kg；B_0、B_{20}、B_{40} =borax 0、20、40mg / kg.

表 12. 不同處理山葵之產量及鈣、硼含量(生長箱內種植後 9 個月採樣)

Table 12. Comparison of different treatments on the yield and calcium,boron contents of wasabi (sampling at 9 months after planting in growth chamber)

	TN1				70-1-1			
Treatment	Whole plant fresh wt. g/plant	Rhizome fresh wt. g/plant	Rhizome		Whole plant fresh wt. g/plan	Rhizome fresh wt. g/plan	Rhizome	
			Ca %	B ppm			Ca %	B ppm
$C_{a0}B_0$[y]	46b[z]	2.3b	0.66c	23.0b	30c	2.0b	0.68c	21.9b
B_{20}	56b	3.1b	0.63c	35.9a	43b	2.7b	0.63c	39.6a
B_{40}	55b	3.2b	0.60c	37.0a	38b	2.5b	0.66c	37.8a
$C_{a2}B_0$	88a	4.8a	0.96b	21.4b	47a	4.0a	1.02ab	22.0b
B_{20}	105a	5.3a	1.01ab	36.0a	46a	4.5a	0.99b	36.8a
B_{40}	109a	5.4a	0.95b	34.1a	47a	4.2a	1.05ab	37.2a
$C_{a4}B_0$	70a	5.1a	1.23a	20.9b	56a	3.9a	1.30a	20.1b
B_{20}	102a	5.3a	1.30a	34.3a	63a	4.4a	1.19ab	37.6a
B_{40}	106a	5.0a	1.27a	35.5a	56a	4.2a	1.26a	38.1a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 11.

表 13. 土壤 pH 值與置換性鈣含量及根莖鈣含量(生長箱內種植後 12 個月採樣)

Table 13. Soil pH value and exchangeable calcium content of pot experimental soil and calcium content in rhizome (sanpling at 12 months after planting in growth chamber)

	TN1			70-1-1		
Treament	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	Rhizome Ca %	pH(1:1)	exch.Ca cmol/kg	Rhizome Ca %
$C_{a0}B_0$[y]	4.16c[z]	3.48c	0.64c	4.31b	3.25c	0.67c
$C_{a0}B_{20}$	4.20c	3.43c	0.66c	4.23b	3.45c	0.71c
$C_{a0}B_{40}$	4.24c	3.30c	0.61c	4.09b	3.28c	0.69c
$C_{a2}B_0$	4.68b	6.15b	0.99b	5.25a	6.98b	1.05b
$C_{a2}B_{20}$	4.84b	5.65b	0.96b	5.01a	5.73b	1.02b
$C_{a2}B_{40}$	5.06ab	5.83b	1.01b	5.03a	5.70b	0.99b
$C_{a4}B_0$	5.54a	9.23a	1.20ab	5.45a	8.98a	1.18ab
$C_{a4}B_{20}$	5.43a	9.05a	1.25a	5.32a	9.08a	1.31a
C_a4B_{40}	5.52a	9.13a	1.23a	5.41a	9.10a	1.24a

[z] Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

[y] see Table 11.

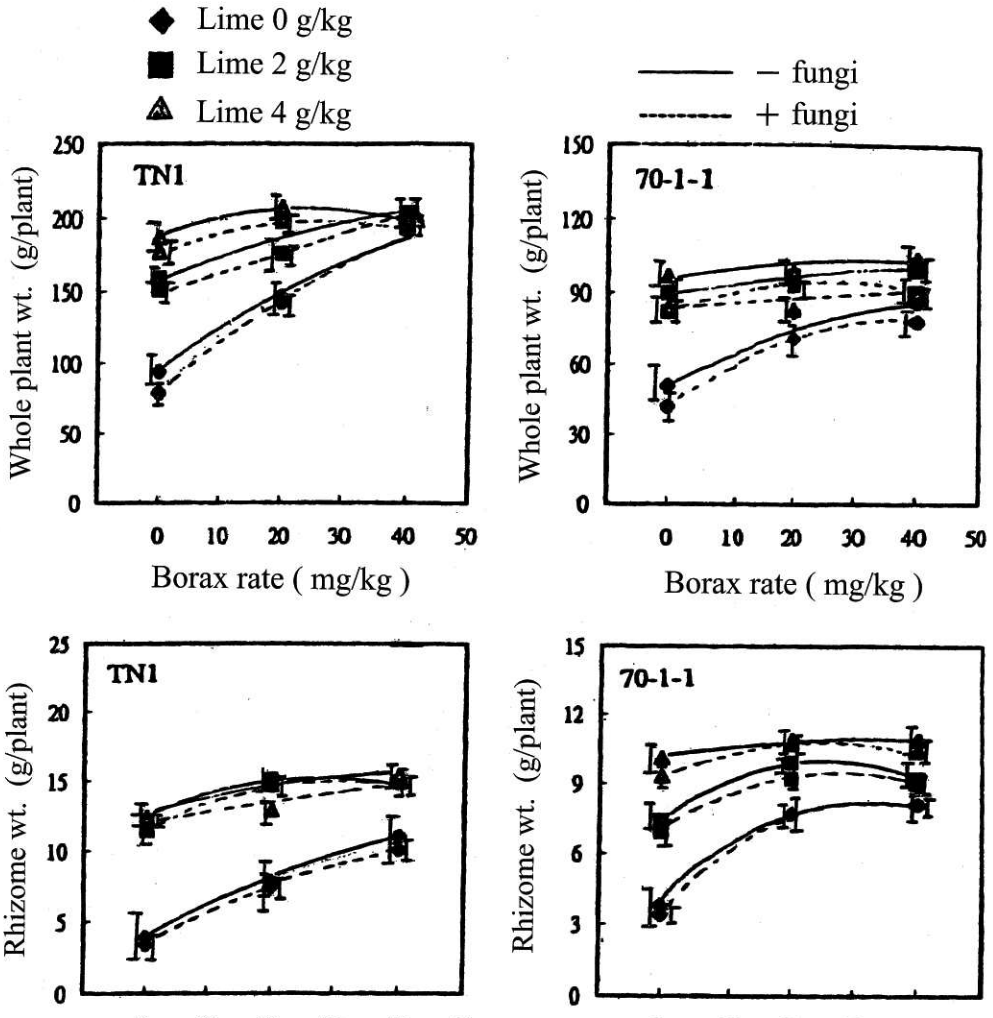

圖 16. 施用石灰、硼砂及眞菌(*Phoma wasabia* Yokogi)菌液對植株及根莖之影響(生長箱內種植後 12 個月採樣)。

Fig. 16. Effect of lime, borox and fungi (*Phoma wasabia* Yokogi) applications on the whole plant and the rhizome fresh weight of wasabi(sampling at 12 months after planting in growth chamber).

誌　謝

本研究承行政院農業委員會經費贊助，謹此申謝。

引用文獻

1.土壤分析手冊第二版。1995。中華土壤肥料學會編印。臺灣，台中。489pp。

2.王貴美、羅朝村、杜金池、蔡武雄。1992。溫度與濕度對黑心病發生之影響。植物病理會刊 1：96-103。

3.王銀波。1985。植物營養學，23-53 頁。國立中興大學出版。臺灣，台中。

4.王鐘和、王貴美、胡敏夫。1996 隧道式設施及施用苦土石灰和稻穀對山葵產量與品質之影響。中華農業研究 45(1): 57-68。

5.何聖賓、洪崑煌。1991。台灣主要耕地土壤熱水可溶硼素的研究(一)分析方法的檢討。中華農業化學會誌 29(2)：135-144。

6.邱年永。1973。藥用植物栽培法。94-97 頁。大學圖書出版社。臺灣，台北。

7.胡敏夫、邱善美、羅朝村、劉新裕、杜金池。1991。山葵台農 1 號之育成。中華農業研究 40(1)：13-27。

8.張淑賢、何聖賓。1995。土壤分析手冊－硫、硼、鉬、氯，18-1～18-3 頁。中華土壤肥料學會主編。臺灣，台中。

9.連　深。1981。作物需肥診斷技術－作物營養障礙徵狀，60-65 頁。台灣省農業試驗所編印。臺灣，台中。

10.連　深、王鐘和、黃維廷。1992。石灰資材之品質及評估，8-1～8-12 頁。酸性土壤之特性及其改良研討會論文集。中華土壤肥料學會編印。臺灣，台中。

11.連　深、王鐘和。1994。酸性土壤之管理。農藥世界 125:22-25。

12.連　深。1994。酸性土壤落花生之營養障礙及其改進，165-177 頁。台灣東部問題土壤改良研討會論文集。中華土壤肥料學會與台灣省花蓮區農業改良場共同編印。臺灣，台中。

13.連錦漳、李國忠。1990。台灣山葵產銷之分析。台灣農業 26(4)：7-12。

14.廖敏卿。1973。訪阿里山陳嶧焜談山葵栽培經驗。豐年叢書。191-195 頁。豐年社。

15.羅朝村、王貴美、杜金池、蔡武雄。1990。山葵黑心病發生之研究。植保會刊 32：345。

16.多久田連雄、広沢敬之。1975。ワサビ 墨入病菌の病斑上における柄子發形成 につしてつ 。近畿中國農研 50:53-57 。

17.足立昭三。1987。ワサビ栽培。pp.13-165。秀潤社。

18.鈴木春夫。1976。ワサビ 主要病害 の 生態と 防除。植物防疫 30(9):348。

19.鈴木春夫。1982。ワサビ の病害。pp.451-459。野菜の病虫害診斷と防除。岸國平編。全國農林教育學會出版。東京。

20.Masao,G., and M. Kunihiko. 1986. Causal agents associated with internal black rot syndrome of Japanese horse radish(*Entrema wasabi* Maxim). Ann. Phytopath. Soc. Japan 52:59-68.

21.Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. pp.437-540. International Potassh Inst., Wordlaufen-Berny, Switzerland.

22.Reisenauer, H.M., L.M. Walsh, and R.G. Hoeft. 1973. Testing soils from sulfer, boron, molybdenauem and chlorine. pp.173-200. In : Walsh, L. M., and J.D. Beaton, eds. Soil Testing and Plant Analysiis . Soil Sci. Amer. Inc., Madison, Wisconsin.

Effect of Lime and Borax Applications on the Yield and Quality of Wasabi *Wasabia japonica*(Matsum)[1]

Chong-Ho Wang[2], Min-Fu Hu[3], Chao-Tsun Lo[4] ,
Yu-Wen Lin[2] , Wei-Tin Huang[2] and Lee-Rong Chiu[2]

Summary

The purpose of this study was to investigate the effects of lime and borax applications on the quality and yield of wasabi (*Wasabia japonica* Matsum). The RCBD with 4 replications was designed including 2 factors each with 3 levels and 9 treatments combinations in total, namely：lime (0,2 and 4 ton/ha),borax(0,20 and 40 kg/ha).Some of the results were summarized as follows：Lime applied 2 or 4 ton/ha raised the soil pH significantly , and also increased the fresh weight of whole plant and rhizome ,but no significant difference was observed between the two liming treatments. Lime and borax applications reduced the severity of rhizome black rot of wasabi , however , the severity of rhizome streak disease was only lessened by borax application. The fresh weight of whole plant decreased significantly in summer season, especially for TN1,it was induced by high temperature, because of the relatively low altitude (1270m) of Tapang area. There was a negative relation between the calcum content in rhizome and the severity of rhizome black rot, and the boron content of rhizome also had a negative relation with the severity of rhizome black rot in fall crop ,while the severity of rhizome streak disease had a significant negative relation with the rhizome boron content. The calcium and boron contents in the rhizome of wasabi in the field experiment were lower than the plant which were cultivated in growth chamber .It is suggested that some unbeneficial factor of calcium and boron uptake existed in the fields. The fresh weight of whole plant and fresh weight of rhizome of wasabi cultivated in growth chamber increased significantly by lime and borax applications.

Key words： *Wasabia japonica* Matsum, Lime, Borax, Wasabi black rot symptom, Wasabi streak disease.

---

1. Contribution No. 1978 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Associate Soil Scientist, Assistant, Assistant and Project Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Agronomist, Department of Agronomy ,TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate plant Pathologist, Department of plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.